

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-89614

(43)公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

F 2 3 C 3/00

3 0 1

F 2 3 C 3/00

3 0 1

F 2 3 D 14/12

F 2 3 D 14/12

A

14/66

14/66

B

F 2 3 L 15/02

F 2 3 L 15/02

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-240126

(22)出願日 平成 8 年(1996) 9月11日

(71)出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(71)出願人 000229748

日本ファース工業株式会社

神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号

(72)発明者 藤井 良基

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72)発明者 秋山 俊一

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74)代理人 弁理士 佐々木 宗治 (外3名)

最終頁に続く

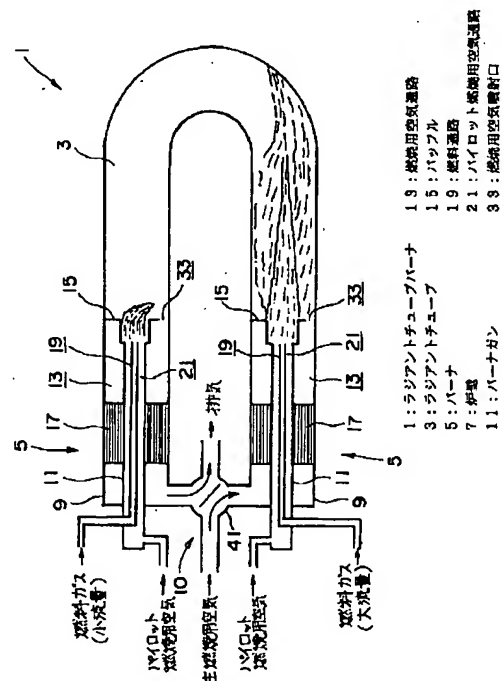
(54)【発明の名称】 ラジアントチューブバーナ

(57)【要約】

【課題】 燃焼に伴うNO<sub>x</sub>の生成を抑制し、構造が単純で安価なラジアントチューブバーナを提供すること。

【解決手段】 ラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、ラジアントチューブバーナの燃焼量をラジアントチューブ内断面積で除して求められる断面熱負荷を基準として、単位断面熱負荷空気流速を任意の数値以上とするものである。

Air preheated & flue gas  
Recirculation  
to spontaneously  
ignite  
fuel.  
→ avoids  
pilot



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、該流速をラジアントチューブバーナの燃焼量とラジアントチューブ内断面積で除して求められる単位断面熱負荷空気流速が任意の数値以上となるようにすることを特徴とするラジアントチューブバーナ。

【請求項2】 前記単位断面熱負荷空気流速を  $0.17 \{m/S / (Kcal/cm^2 \text{ hr})\}$  以上とすることを特徴とする請求項1記載のラジアントチューブバーナ。

【請求項3】 メインバーナ用またはおよびパイロットバーナ用の燃焼用空気またはおよび燃料を予熱するようなラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、該流速を燃料低位発熱量と燃料投入量の積である燃焼量と、燃料が予熱される際に得た予熱燃料持ち込み顕熱と、その燃焼に必要な空気が予熱される際に得た予熱空気持ち込み顕熱との合計とラジアントチューブ内断面積で除して求められる単位総断面熱負荷空気流速が任意の数値以上となるようにすることを特徴とするラジアントチューブバーナ。

【請求項4】 前記単位総断面熱負荷空気流速を  $0.13 \{m/S / (Kcal/cm^2 \text{ hr})\}$  以上とすることを特徴とする請求項3記載のラジアントチューブバーナ。

【請求項5】 前記燃料およびまたは燃焼用空気の予熱源がラジアントチューブで燃焼した燃焼排ガス顕熱であることを特徴とする請求項1、2、3または4記載のラジアントチューブバーナ。

【請求項6】 前記バーナに蓄熱体を配置していることを特徴とする前記請求項1、2、3、4または5記載のラジアントチューブバーナ。

【請求項7】 前記予熱した燃焼用空気温度が燃料の自然着火温度以上であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載のラジアントチューブバーナ。

【請求項8】 前記ラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気ノズルと燃料ノズルとが相互に離間するように燃焼用空気ノズルまたはおよび燃料ノズルが偏芯して配置されていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6または7記載のラジアントチューブバーナ。

【請求項9】 前記ラジアントチューブに少なくとも2つ以上のバーナを配置し交番燃焼させることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8記載のラジアントチューブバーナ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、工業用加熱炉、熱処理炉等の熱源として使用されるラジアントチューブバーナに関するものである。更に詳しくは、高熱効率で低NOx燃焼を可能にするラジアントチューブバーナに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、燃料を燃焼させ間接加熱にて炉内雰囲気をも調整することが可能なものにラジアントチューブ加熱装置があり、ラジアントチューブ加熱装置にはラジアントチューブ内で燃料を燃焼させるラジアントチューブバーナが配置されている。このラジアントチューブバーナとしていわゆるリジェネレーティブ（蓄熱式）ラジアントチューブ方式が知られている。このリジェネレーティブラジアントチューブ方式では、ラジアントチューブの両端部にバーナを配置し、これら各バーナを交互に作動させて交番燃焼させるのが一般的である。従って、各バーナの燃焼用空気通路は、該当バーナ燃焼時には燃焼用空気が供給される通路として使用され、非燃焼時には燃焼排ガスの排気通路として利用される。各バーナの空気通路にはそれぞれ蓄熱器が接続されている。各蓄熱器は通過する燃焼排ガスの顕熱を回収し、次回燃焼時に供給される燃焼用空気を予熱するもので、高温排ガスを低温排ガスとして放出するので排ガスへの熱損失が低下し熱効率の向上が図られる。

【0003】 一般的に、ラジアントチューブとしては口径90～200mmの耐熱合金チューブ、セラミックチューブ等が使用されている。従って、ラジアントチューブ内に挿入されるバーナのバーナガンは、細く形成されている。このように円筒状の狭い燃焼空間で、且つチューブ内に滞在する短時間で完全燃焼させるため窒素酸化物（一般的にNOxと称される、以下NOxと表記する。）が生成しやすい。また、省エネルギー対策として燃焼用空気を予熱する事で、常温空気での燃焼に比べ燃焼火炎温度が上昇するため、生成するNOxがさらに増加することになる。

【0004】 ところで、NOxの発生を抑制するバーナの燃焼方法としては、燃焼用空気の流れに対して燃料を2段階に分けて噴射し燃焼を行ういわゆる燃料2段階燃焼法や、燃料の流れに対して空気を数段階に分けて噴射し燃焼を行ういわゆる空気多段階燃焼法が知られている。そして、NOx生成を抑制する為の様々な発明がなされている中であって、例えば、特開昭62-242711号公報では、バーナ内に水を添加することによりNOx生成の低減が可能であることを開示している。また、特開昭63-116011号公報では、1次空気の旋回流で高負荷燃焼させることにより良好で安定した燃焼を行い、ラジアントチューブ内でソフトな2段階燃焼を行わせることによりNOx生成の低減が可能なことを開示している。また、特開平3-11202号公報では、ベンチュリー機構を設け、燃焼排ガスを流量制御しながら再循環させることによりNOx生成の低減が可能なことを開示している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ラジアントチューブバーナでは、比較的小径のラジアントチュ

ープ内にバーナガンを挿入するため、上述の各燃焼法の実施が困難である。すなわち、燃料2段燃焼法では、1次燃料を燃焼させた後にこの下流側で2次燃料を燃焼させるため、1次燃焼室の外側（又は内側）に2次燃料噴射口に伸びる燃料供給路を設ける必要がある。また、空気多段燃焼法では、1次燃焼領域の下流側にまで2次空気を導く必要があり、二重構造の空気通路を設けなければならない。これらのため、上述の各燃焼法を実施するためには、バーナ自体が大型化するとともにその構造が複雑になり、これらの燃焼方法をラジアントチューブバーナに適用することが困難であった。また、燃料2段燃焼法や空気多段燃焼法を実施するためには、パイロットバーナに通じる燃料供給系や空気供給系等の制御に加え、一次、二次燃料系と空気系、又は、一次、二次空気系と燃料系の制御が必要となり、従って、これらの制御が複雑なものになるという問題もあった。

【0006】なお、前記特開昭62-242711号公報の方法は、直接的に燃焼ガスを冷却するため火炎温度は低減できる。しかしながら、添加した水の蒸発潜熱および排気ガスとして放出される際に持ち出す水蒸気保有熱分を水添加を行わない場合に比べ、余分に燃料を供給せねばならないので熱効率が低下することとなる。また、特開昭63-116011号公報の方法では、一旦、低空気比燃焼（1次燃焼）を行った後に空気を供給して再度燃焼（2次燃焼）を行わせるため、火炎温度を通常の燃焼より低下させる事が可能であるが、流量制御を精度良く実施せねば効果が無く、実施に当たっては最適点を維持するための補修費、管理費が高騰してしまう欠点がある。

【0007】また、排気ガスを再循環する特開平3-11202号公報記載の円筒状のラジアントチューブ内に同心円的に排気ガスを混合した空気で燃料ガスを燃焼させる方法では、火炎温度低下、燃焼場における酸素濃度低下によって低NO<sub>x</sub>燃焼が可能であるが、バーナを含む機構が複雑且つ付属品を有するため設備費、補修費が高騰するなどの欠点がある。

【0008】また、従来のレキュベレータ方式による予熱空気温度の上限は500℃程度であったが、前述の蓄熱式交番燃焼によって900℃以上の予熱空気温度を得ることを可能にした技術に属する特公平2-23950号公報のものは、従来にも増して予熱空気温度が上昇することにより火炎温度が上昇しNO<sub>x</sub>生成量が增大する問題がある。

【0009】ところで、本発明者らはNO<sub>x</sub>生成量が燃焼用空気流速に反比例する事を知見した。この結果を従来のラジアントチューブバーナに適用しようとしても、従来のラジアントチューブバーナに適用されるレキュベレータ方式で得られる予熱空気温度は500℃程度で、ラジアントチューブバーナ用燃料として用いられるCOG（コークス炉ガス：着火温度500～600℃）、L

NG（着火温度：550～560℃）には充分な着火エネルギーを有する予熱空気ではない。従って、燃焼反応で発生する熱エネルギー量より周囲に放散するエネルギー量の方が大きくなり、安定して燃焼可能な温度場の形成が不可能となり、安定燃焼できず、火炎の浮き上がり（リフティング）、吹き消え状態が発生して高流速の燃焼用空気を用いるバーナが実用化出来なかった。

【0010】また、上記、水吹き込みでは、従来より高温の予熱空気を用いるため、吹き込み量を従来に比べ増大せねばならず、熱効率低下によるランニングコスト増加および設備費の高騰の問題があり、排ガス再循環方式を用いた場合でも、従来より高温の予熱空気を用いるため、再循環排ガス量を従来に比べ増大せねばならず、排ガス再循環ファン電力費の増大、設備の複雑化による設備費、補修費の高騰の問題があり、経済的に有効な排ガス中NO<sub>x</sub>濃度低減は高温予熱空気による火炎温度の上昇により困難であった。

【0011】本発明は、前述のような問題点を解決するためになされたもので、燃焼に伴うNO<sub>x</sub>の生成を抑制し、構造が単純で安価なラジアントチューブバーナを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するため、本発明のラジアントチューブバーナは、ラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、該流速をラジアントチューブバーナの燃焼量とラジアントチューブ内断面積で除して求められる単位断面熱負荷空気流速が任意の数値以上となるようにすることを特徴とするものである。さらに、前記単位断面熱負荷空気流速を0.17 {m/S / (Kcal/cm<sup>2</sup> hr)} 以上とすることを特徴とするものである。

【0013】また、メインバーナ用またはおよびパイロットバーナ用の燃焼用空気またはおよび燃料を予熱するようなラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、該流速を燃料低位発熱量と燃料投入量の積である燃焼量と、燃料が予熱される際に得た予熱燃料持ち込み顕熱と、その燃焼に必要な空気が予熱される際に得た予熱空気持ち込み顕熱との合計とラジアントチューブ内断面積で除して求められる単位総断面熱負荷空気流速が任意の数値以上となるようにすることを特徴とするものである。さらに、前記単位総断面熱負荷空気流速を0.13 {m/S / (Kcal/cm<sup>2</sup> hr)} 以上とすることを特徴とするものである。

【0014】また、前記燃料およびまたは燃焼用空気の予熱源がラジアントチューブで燃焼した燃焼排ガス顕熱であることを特徴とするものである。また、前記バーナに蓄熱体を配置していることを特徴とするものである。また、前記予熱した燃焼用空気温度が燃料の自然着火温

度以上であることを特徴とするものである。また、前記ラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気ノズルと燃料ノズルとが相互に離間するように燃焼用空気ノズルまたはおよび燃料ノズルが偏芯して配置されていることを特徴とするものである。また、前記ラジアントチューブに少なくとも2つ以上のバーナを配置し交番燃焼させることを特徴とするものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の構成を図面に示す実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は本発明を適用したラジアントチューブバーナの実施形態を示している。本図に於いて、1はラジアントチューブバーナで、略U字状に湾曲するラジアントチューブ3、およびこのラジアントチューブ3の両端部に配設される一対のバーナ5等より構成されており、内部を燃焼ガスが通過して加熱され、その外表面から放射する放射熱で加熱炉、熱処理炉等の内部を加熱する機能において従来品と同等である。ラジアントチューブ3は、図2に示すように、その中間部を炉壁7に穿設された取付孔7aで支持し、端部を炉外に位置させるように、そのフランジ3aが炉壁7外面に設けられた取付部7bに固定されている。ラジアントチューブ3の両端部と炉壁7との隙間は、図示しないシール部材で気密に塞がれている。ラジアントチューブ3の両端部に配設された各バーナ5は、バーナボディ9、バーナガン11、燃焼用空気通路13及びバッフル15等より構成されている。なお、ラジアントチューブ3の両端に配設される各バーナ5は、互いに同様に構成されている。従って、一方のバーナ5の構成について説明する。

【0016】バーナ5のバーナボディ9は略円筒状を成しており、上下方向に延びて、炉壁7から所定距離だけ離れて配置されている。そして、バーナボディ9の上側部分は、直角に折曲されて炉壁7に向けて延びている。このバーナボディ9には、バーナガン11を挿入するために孔9aが穿設されている。この孔9aは、折曲部分の炉壁7とは反対側の位置、さらに詳しくは、バーナボディ9の上端縁に近い位置に穿設されている。また、このバーナボディ9内の空間は燃焼用空気通路13となっており、この燃焼用空気13の途中には、複数の蓄熱体17が収容されている。各蓄熱体17はバーナボディ9の下側部分に並んで配置されている。各蓄熱体17は、例えば比較的圧力損失が低い割に熱容量が大きく、耐久性の高い材料（例えば、セラミックス）を筒形状に成形したハニカム状のものである。従って、各蓄熱体17内を空気が通過することができる。この場合に通過空気は各蓄熱体17から熱を奪って昇温する。なお、バーナボディ9の下端には、フランジ9bが形成されており、配管10が固定されている。これにより、バーナボディ9内の燃焼用空気通路13は、空気通路機構10に接続されている。また、バーナボディ9の先端にはフランジ9

cが形成されており、ラジアントチューブ3と共に取付部7bに固定されている。

【0017】バーナガン11は、燃料通路19、パイロット燃焼用空気通路21及び図示しない点火プラグなどにより構成されている（図1）。燃料通路19とパイロット燃焼用空気通路21とは、隣接して配置されている。すなわち、パイロット燃焼用空気通路21内には、これと同心円状に燃料通路19が配置されている。従って、バーナガン11の構造は単純であり、バーナガン11を比較的細く形成することができる。このバーナガン11は、バーナボディ9の孔9aからラジアントチューブ3内に挿入されている。さらに詳細には、バーナボディ9の孔9aから後述するバッフル15で支持されているガイドパイプ（図示せず）の中にバーナガン11は、挿入されている。したがって、バーナガン11すなわち、ガイドパイプの周りの空間が燃焼用空気通路13になる。バーナガン11の先端は、ガイドパイプ内で炉壁7内面の近傍位置にまで達している。

【0018】バーナガン11の燃料通路19には、燃料供給通路23を介して、図示しない燃料供給源が接続されている。この燃料供給通路23を図3に示す。燃料供給通路23の途中には、制御弁25が介装されると共に、この制御弁を迂回するバイパス通路27が設けられている。そして、バイパス通路27の途中には、流量制御弁29および制御弁31が介装されている。したがって、燃料供給源から圧送された燃料は、制御弁25が閉じている場合であってもバイパス通路27を介してバーナガン11に供給される。しかしながら、バイパス通路27では、流量制御弁29がバイパス通路27内の燃料流量を制限し、バーナガン11に供給される燃料をバーナガン11がパイロット燃焼を行うのに最低限必要な量に調整する。

【0019】バッフル15は、例えば、ラジアントチューブ3内の炉壁7内面にほぼ対応する位置に配置されているが炉外方向に後退しても、また、炉内方向に前進しても特段のことはない。このバッフル15は、円板部15aと、この円板部15aの全周縁からバーナガン11の方向に向けて延びる周壁15bより横成され、この15bにはフランジ3aと重なるフランジ35aに固定された内管15fが接続して、これらは一体的に成形されている。円板部15aの直径はラジアントチューブ3の内壁と概略同一値に設定され、円板部15aはラジアントチューブ3内を閉塞している。この円板部15aには、図4に示すように、切り欠き15dおよび小径孔15cが設けられている。この円板部15aの切り欠き15dは、円板部15aの下端部分を半月状に切り欠いている。この切り欠き15dは、ラジアントチューブ3と共に燃焼用空気噴射口（ノズル）33を規定する。すなわち、燃焼用空気噴射口（ノズル）33は、ラジアントチューブ3の横断面に対して偏芯して設けられており、

燃焼用空気はラジアントチューブ3内空間の偏芯した位置に噴出する。また、円板部15aの小径孔15cは、バーナボディ9の孔9aに対向している。小径孔15cの直径は、バーナガン11の先端の外径と略同一寸法値に設定されている。また、小径孔15cの周縁は、バーナボディ9に向けて延出し、円筒状部分15eを構成し、バーナガン11を内装するガイドパイプが配置されて支持される。したがって、バーナガン11は、ラジアントチューブ3と略平行に配置され、先端は燃焼用空気噴射口(ノズル)33と離間している。バッフル15の周壁15bはラジアントチューブ3の内周面に略固定されている。

【0020】なお、燃焼用空気通路13には前述したように空気通路機構10が接続されており、この空気通路機構10を介して図示しない燃焼用空気供給源から適量の燃焼用空気が圧送される。さらに、上記バーナガン11はパイロット燃焼用空気通路21内に燃料通路19を配設することで、パイロット燃焼用空気通路21を燃料通路19に隣接して設けている。バーナガン11の周りの空間は燃焼用空気通路13となっており、バーナ5が非作動の待機状態となっている場合には、この燃焼用空気通路13内を高温の燃焼排ガスが流れる。しかし、パイロット燃焼用空気通路21内には燃焼前で低温(常温)の燃焼用空気が常に供給されており、また、燃料通路19内には、パイロット燃焼に必要な量の燃料が流れている。したがって、このバーナ5では、燃料通路19内の燃料が、燃焼用空気通路13内の燃焼排ガスの熱で加熱され高温になることはない。なお、他方のバーナ5も、上述した一方のバーナ5と同様に構成され、同様に作動する。したがって、他方のバーナ5についての説明は省略する。但し、燃料供給源、燃焼用空気供給源については、一方のバーナ5と同一のものを共有することが望ましい。この場合、燃焼用空気供給源に通じる空気通路機構10は、図1に示す四方弁41を備えることが望ましい。つまり、四方弁41を第1位置(図示する位置)に切り替えた場合には、一方のバーナ5の燃焼用空気通路13が燃焼用空気供給源に接続されると共に、他方のバーナ5の燃焼用空気通路13が燃焼用空気供給源に接続されるように構成する。

【0021】ここで、燃焼用空気とバーナ6の作動との関係を図5に示す。バーナ5が作動する燃焼モードでは、パイロット燃焼用空気に加えてメイン燃焼用空気も圧送される。したがって、このバーナ5には、メインバーナ燃焼を行うのに適した量のメイン燃焼用空気が供給される。一方、バーナ5が非作動の待機状態となる排気モードでは、パイロット燃焼用空気のみが圧送されており、したがって、このバーナ5には、バーナガン11がパイロット燃焼するのに適した量の燃焼用空気が供給される。この場合には、バーナ5としての燃焼量は、バーナガン11がパイロット燃焼するのみであり、本実施例

の場合、5000Kcal/H程度の燃焼量である。すなわち、バーナガン11のパイロット燃焼用空気通路21にはバーナ5の作動状態とは無関係に常にパイロット燃焼用空気が供給されている。

【0022】以上のように構成された一方のバーナ5は、以下のように作動する。まず、パイロット燃焼を行う場合には、燃料供給通路23の制御弁25を閉弁し、燃料をバイパス通路27を介してのみバーナガン11へ供給する。このバーナガン11へは、燃焼用空気供給源から常に燃焼用空気が圧送されており、燃料と燃焼用空気とがパイロット燃焼に適した空気比の混合ガスになる。そして、この混合ガスを点火プラグで着火し、パイロット燃焼を行う(図1に示す上側のバーナ5の状態)。バーナガン11がパイロット燃焼を行っている状態より、燃料供給通路23の制御弁を開き、且つ、燃焼用空気供給源からの燃焼用空気の供給を開始すると、このバーナガン11はメイン(主)燃焼を行う。つまり、燃料供給通路23の制御弁25が開かれると、燃料供給源から多量の燃料がバーナガン11の燃料通路19に圧送される。そして、この主燃焼している状態より、燃料供給通路23の制御弁25を閉じるとともに、燃焼用空気供給源からの燃焼用空気の供給を停止すると、バーナガン11がパイロット燃焼を行う状態に戻る。この状態でも、バーナガン11へは燃料供給通路23のバイパス通路27介して少量の燃料が供給され、また、燃焼用空気供給源は常に燃焼用空気を供給しているので、バーナガン11は、安定したパイロット燃焼を行う。

【0023】このように作動する各バーナ5を備えたラジアントチューブバーナ1は、各バーナ5を交互に作動させる、いわゆる、交番燃焼を実施する。まず、一方のバーナ5(以下、一方のバーナ5に関する構成要素の符号には、Aを付記する。)を作動させ、他方のバーナ5(以下、他方のバーナ5に関する構成要素の符号には、Bを付記する。)を非作動状態にする場合について説明する。この場合には、燃料供給通路23Aの制御弁25Aを開弁し、燃焼用空気通路23Bの制御弁25Bを閉弁するとともに、空気通路機構10の四方弁41を第1の切替位置に切り替える。これにより、バーナ5Aには大量の燃料と主燃焼用空気及びパイロット燃焼用空気が供給され、上述した主燃焼が行われる。一方、バーナ5Bのバーナガン11Bには少量の燃料とパイロット空気のみが供給され、上述したパイロット燃焼が行われる。すなわち、待機状態のバーナ5Bには、パイロット燃焼に適した量の燃料およびパイロット燃焼用空気が供給されており、パイロット火炎の燃焼が継続される。バーナ5Aの主燃焼で発生した排気ガスは、ラジアントチューブ3内を流れながらこれを加熱し、バーナ5Bに向けて流れる。そして、この排気ガスは、バッフル15Bの主燃焼用空気噴射口33Bから主燃焼用空気通路13B内に入流し、空気通路機構10を介して待機側に排出され

る。このとき排気ガスは、バーナボディ9B内の各蓄熱体17Bでその熱を回収され、したがって、各蓄熱体17Bの温度は上昇する。

【0024】そして、バーナ6Aが主燃焼を開始し、所定時間T(例えば、20秒位)だけ経過すると、燃料供給23Aの制御弁25Aが閉弁し、燃料供給通路23Bの制御弁25Bが開弁するとともに、空気通路機構10の四方弁41が第2の切替位置に切り替わる。したがって、作動側と待機側のバーナ5A、5Bが切り替わり、バーナ5Bで主燃焼が行われ、バーナ5Aのバーナガン11Aでパイロット燃焼が行われる。この様子を図6に示す。時点t1において、バーナ5Aが主燃焼を開始し、バーナ5Bがパイロット燃焼を開始する。そして、時間Tだけ経過した時点t2では、主燃焼を行っていたバーナ5Aがパイロット燃焼に切り替わり、パイロット燃焼を行っていたバーナ5Bが主燃焼を開始する。以後同様にして、時間Tの経過毎に、作動側と待機側のバーナ5A、5Bが切り替わり、ラジアントチューブバーナ1は交替燃焼を実施する。

【0025】ラジアントチューブバーナ1は上記のように稼働させるが、その燃焼状態を図7に示す模式図を用いて説明する。蓄熱体17から抜熱して高温になった燃焼用空気A2は、燃焼用空気通路13を通過して偏芯している燃焼用空気噴射口33から噴出する。一方、燃料ガスFは前記燃焼用空気噴射口33とは離間した位置にあってバーナガン11が接線された小口径15cから噴出され、ラジアントチューブ3内で燃焼用空気A2の高速噴流によって形成される自己循環流Gに巻き込まれながら燃焼する。このとき、燃料ガスFは、排気ガスを主体とする自己循環流Gと混合し、低カロリー化されることによる燃焼火炎温度の低下、および、同時に、排ガスを主とする自己循環流が巻き込まれたことにより燃焼反応場での質量流量が増加することによる火炎温度低下、酸素濃度低下の相乗効果によって低NOx燃焼が可能となる。そして、限られた燃焼空間で充分な低NOx燃焼実現するには、燃焼空間での熱負荷、すなわち、前述した断面熱負荷、または、総断面熱負荷に見合った空気流速で燃焼用空気を噴出することが安定して低NOx燃焼を達成できる。

【0026】ところで、燃焼用空気流速を高速にすると、火炎の浮き上がり、吹き飛びによる失火の発生が懸念されるが、燃料の着火温度以上の高温の予熱空気であれば、燃焼空気流速をコークス炉ガス(以下COGと表記する)で60m/sでも失火が発生することはない。本実施例においては、COGでは、200m/sの高速でも燃焼可能であり、燃焼用空気流速の上限を実験上では確認できなかった。

【0027】上記のように構成されたラジアントチューブバーナの作用について説明する。燃料の燃焼に伴い発生するNOxは、燃料中に含有するN分に起因するフュー

エルNOxと、酸化剤に含有するN分に起因するサーマルNOxに大別される。フューエルNOx生成量は燃料によって決定されと考えられ、サーマルNOx生成量は実際燃焼火炎温度と燃焼場の酸素濃度でほぼ決まると考えられている。既存の低NOx燃焼技術は前述のサーマルNOx低減の為の技術で、火炎温度低減またはおおよび燃焼場の酸素濃度を狙ったのもであると言える。火炎温度 $t_{FL}$ (℃)は簡易的には次式で表される。

【0028】

10 【数1】

$$t_g = \frac{\eta \cdot LHV + Q - q}{\sum (G \cdot c)} + t_0$$

【0029】 $t_g$  : 実際火炎温度(℃)

$\eta$  : 燃焼効率

Q : 燃焼前の燃料及び空気の保有する顕熱(Kcal/m<sup>3N</sup>燃料)

q : 燃焼場からの放散熱量(Kcal/m<sup>3N</sup>燃料)

c : 実際燃焼ガスの平均比熱(Kcal/m<sup>3N</sup>・℃)

20 G : 実際燃焼ガス成分量(m<sup>3N</sup>/m<sup>3N</sup>燃料)

$t_0$  : 基準温度(℃)

LHV : 燃料低位発熱量(Kcal/m<sup>3N</sup>燃料)

ラジアントチューブのような円筒型の狭い燃焼空間内で、燃料を完全燃焼させるような燃焼形態では、上式に示される燃焼場qからの放散熱量はバーナの燃焼量に比例して増大するが、実際火炎温度は常に一定温度と成るような増大傾向は示さず、炉内温度一定条件で同一ラジアントチューブの燃焼量を増大させると実際火炎温度は上昇するのが一般的である。従って、ラジアントチューブの燃焼場の熱放散を決定するラジアントチューブ形状と燃焼量が実際火炎温度を決定しており、様々な形態のバーナでのNOx生成量がラジアントチューブ形状と燃焼量で概略求められる。

【0030】本発明者らは、さらに燃焼に伴うNOxの生成を抑制し、構造が単純で安価なラジアントチューブバーナを提供するべく実施した種々の実験を通して以下のような知見を得、それに基づいて本発明を完成させるに至った。

40 ①燃焼用空気流速とNOx生成量には比例関係があり、空気流速上昇に伴い低NOx燃焼が可能である。

②ラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、該流速をラジアントチューブバーナの燃焼量(Kcal/hr)とラジアントチューブ内断面積(cm<sup>2</sup>)で除して求められる単位断面熱負荷空気流速{m/S/(Kcal/cm<sup>2</sup> hr)}とNOx生成量には逆比例関係があり、単位断面熱負荷空気流速上昇に伴い低NOx燃焼が可能である。発明者らの実験結果では、図10に1例を示すように排ガス中の酸素濃度が11%となる燃焼を行った際の燃焼排ガス中NOx濃度を150ppm以下(環境基準)に維持するには単位



11

断面熱負荷空気流速を  $0.17 \{m/S / (Kcal/cm^2 hr)\}$  以上とする必要があることが判った。

【0031】③メインバーナ用またはおよびパイロットバーナ用の燃焼用空気が予熱されるようなラジアントチューブバーナがある。また、さらに燃料を予熱するようなラジアントチューブバーナがある。これらのようなラジアントチューブバーナに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、該流速と燃料の燃焼に伴い発生する発熱量すなわち燃料低位発熱量  $LHV$  (Kcal/kg) と燃料投入量  $Gf$  (kg/H) の積である燃焼量  $Qc$  (Kcal/H) と、燃料が予熱される際に得た顕熱すなわち燃料投入量  $Gf$  (kg/H) と予熱燃料温度と燃焼を行っている炉外環境の大気温度 (常温) との差  $Tf$  (°C) と燃料比熱  $Cpa$  (Kcal/kg°C) の積である予熱燃料持ち込み顕熱  $Qf$  (Kcal/H) と、その燃焼に必要な空気が予熱される際に得た顕熱すなわち燃料の理論空気量  $A_0$  ( $m^3N/kg$ ) と空気過剰率  $\mu$  と燃料投入量  $Gf$  (kg/H) と予熱空気温度と燃焼を行っている炉外環境の大気温度 (常温) との差  $Ta$  (°C) と空気比熱  $Cpa$  (Kcal/ $m^3N$ °C) の積である予熱空気持ち込み顕熱  $Qa$  (Kcal/H) との合計すなわち  $\{Qc + Qf + Qa\}$  (Kcal/hr) とラジアントチューブ内断面積 ( $cm^2$ ) で除して求められる単位総断面熱負荷流速  $\{m/S / (Kcal/cm^2 hr)\}$  と  $NOx$  生成量には逆比例関係があり、単位総断面熱負荷空気流速の上昇に伴い低  $NOx$  燃焼が可能である。発明者らの実験結果では、図11に1例を示すように排ガス中の酸素濃度が11%となる燃焼を行った際の燃焼排ガス中の  $NOx$  濃度を150ppm 以下 (環境基準) に維持するには、単位総断面熱負荷空気流速を  $0.13 \{m/S / (Kcal/cm^2 hr)\}$  以上とする必要があることが判った。

【0032】④ラジアントチューブから放出される燃焼排ガスの顕熱を燃料およびまたは燃焼用空気の予熱源として利用することが熱効率を大幅に向上させ、燃焼装置など燃料およびまたは燃焼用空気の予熱設備の設置を不要とし装置全体の小型化、簡易化を可能とする。

⑤ラジアントチューブから放出される燃焼排ガスの顕熱を蓄える蓄熱体をバーナに配置することによって、金属熱交換器に比べセラミックスの採用が容易となり耐熱性が向上し高温排ガス顕熱をエクセルギーの低下を最小限となるので予熱空気の高温化を可能にする。

⑥予熱空気温度を燃料の自然着火温度以上とすることで、空気が燃焼の3要素の酸素源、着火源を有する事となり、燃料と予熱空気をぶつけるだけで燃焼を行わせることが可能となる。よって、従来必要であったパイロットバーナが不要となる。

⑦ラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気ノズルと燃料ノズルとが相互に離間するように燃焼用空気ノズルまたはおよび燃料ノズルが偏芯して配置することによって、チューブ内の自己排ガス再循環が効率よく形成され

12

燃焼場での酸素濃度低減に寄与する。

⑧ラジアントチューブに少なくとも2つ以上のバーナを配置し交番燃焼させることによって、蓄熱体への燃焼排ガス、燃焼用空気の流れ切替装置を兼用でき、従来の一カ所に常時存在する燃焼火炎がラジアントチューブの長手方向にバーナ分割した数だけ火炎が分散して発生するので、ラジアントチューブ長手方向温度分布の平坦化が可能となり、ラジアントチューブ長手方向温度分布不均一が原因で発生するラジアントチューブ亀裂等が無くなり、局所的な高温部も無くなりラジアントチューブ寿命が延長出来る。

【0033】なお、上述の実施例は本発明の好適な実施例の一つではあるがこれに限定されたものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば、ラジアントチューブバーナ1においては、各バーナ5の作動待機状態の切替えを、T時間毎に繰り返す構成としたがこれに限るものでなく、各蓄熱体17A、17Bの温度を監視し、この温度が設定温度以上に達した時点で、各バーナ5A、5Bの作動、待機を切り替える構成としても良い。さらに、バーナ5においては、各蓄熱体17をバーナボディ9内の下側に並べて収容する構成としたが、主燃焼用空気通路13内、または、これに接続される空気通路機構10の通路途中であれば各蓄熱体17の収容位置はこれに限るものではなく、例えば蓄熱体17をバーナガン11の周囲に並べて収容しても良い。また、安定して高温予熱空気が供給できる機構を備えているのであれば、蓄熱体を備えて交番燃焼する構成にする必要なく低  $NOx$  燃焼は可能である。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のラジアントチューブバーナによって、ラジアントチューブに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、ラジアントチューブバーナの燃焼量をラジアントチューブ内断面積で除して求められる断面熱負荷 (Kcal/ $cm^2$  hr) を基準として単位断面熱負荷 (1 Kcal/ $cm^2$  hr) 当たりの空気流速、すなわち、単位断面熱負荷空気流速  $\{m/S / (Kcal/cm^2 hr)\}$  を任意の数値以上とすること、具体的には、単位断面熱負荷空気流速を  $0.17 \{m/S / (Kcal/cm^2 hr)\}$  以上とすることによって11%  $O_2$  換算  $NOx$  値150ppm 以下を達成することを可能とする。

【0035】また、メインバーナ用またはおよびパイロットバーナ用の燃焼用空気またはおよび燃料を予熱するラジアントチューブバーナに配置されるバーナの空気ノズルから噴出する燃焼用空気の吐出流速を、燃料の燃焼に伴い発生する発熱量すなわち燃料低位発熱量  $LHV$  (Kcal/kg) と燃料投入量  $Gf$  (kg/H) の積である燃焼量  $Qc$  (Kcal/H) と、燃料が予熱される際に得た顕熱すなわち燃料投入量  $Gf$  (kg/H) と予熱燃料温度と

燃焼を行っている炉外環境の大気温度(常温)との差 $T_f$ ( $^{\circ}\text{C}$ )と燃料比熱 $C_{pa}$ ( $\text{Kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ )の積である予熱燃料持ち込み顕熱 $Q_f$ ( $\text{Kcal}/\text{H}$ )と、その燃焼に必要な空気が予熱される際に得た顕熱すなわち燃料の理論空気量 $A_0$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )と空気過剰率 $\mu$ と燃料投入量 $G_f$ ( $\text{kg}/\text{H}$ )と予熱空気温度と燃焼を行っている炉外環境の大気温度(常温)との差 $T_a$ ( $^{\circ}\text{C}$ )と空気比熱 $C_{pa}$ ( $\text{Kcal}/\text{m}^3\text{N}^{\circ}\text{C}$ )の積である予熱空気持ち込み顕熱 $Q_a$ ( $\text{Kcal}/\text{H}$ )との合計、すなわち $\{Q_c + Q_f + Q_a\}$ をラジアントチューブ内断面積で除して求められる総断面熱負荷( $\text{Kcal}/\text{cm}^2 \text{ hr}$ )を基準として単位総断面熱負荷( $1 \text{ Kcal}/\text{cm}^2 \text{ hr}$ )当たりの空気流速、すなわち、単位総断面熱負荷空気流速 $\{m/S/(\text{Kcal}/\text{cm}^2 \text{ hr})\}$ を任意の数値以上とすること、具体的には、前記単位総断面熱負荷空気流速を $0.13 \{m/S/(\text{Kcal}/\text{cm}^2 \text{ hr})\}$ 以上とすることによって $11\% \text{O}_2$ 換算 $\text{NO}_x$ 値 $150 \text{ ppm}$ 以下を達成することを可能とする。

【0036】また、燃料およびまたは燃焼用空気の予熱源がラジアントチューブで燃焼した燃焼排ガス顕熱である事によってラジアントチューブ加熱システムトータルの熱効率を高くする。また、ラジアントチューブから放出される燃焼排ガスの顕熱を蓄える蓄熱体をバーナに配置することによって金属熱交換器に比べセラミックスの採用が容易となり耐熱性が向上し高温排ガス顕熱を、エクセルギーの低下を最小限となさしめるので予熱空気の高温化を可能にする。また、予熱空気温度を燃料の自然着火温度以上とすることで、空気が燃焼の3要素の酸素源、着火源を保有する事となり、燃料と予熱空気をぶつけるだけで燃焼を行わせることが可能となる。よって、従来必要であったパイロットバーナが不要となる。また、ラジアントチューブの内径方向に燃焼用空気ノズルと燃料ノズルとが相互に離間するように燃焼用空気ノズルまたはおよび燃料ノズルが偏芯して配置することによってチューブ内の自己排ガス再循環が効率よく形成され燃焼場での酸素濃度低減を可能にする。

【0037】また、ラジアントチューブに少なくとも2つ以上のバーナを配置し交番燃焼させることによって、蓄熱体への燃焼排ガス、燃焼用空気の流れ切替装置を兼用でき、従来の一カ所に常時存在する燃焼火炎がラジアントチューブの長手方向にバーナ分割した数だけ火炎が分散して発生するのでラジアントチューブ長手方向温度分布の平坦化が可能となり、ラジアントチューブ長手方向温度分布不均一が原因で発生するラジアントチューブ亀裂等がなくなり、局所的な高温部もなくなりラジアン

トチューブ寿命が延長でき補修費低減、ラジアントチューブ取り替え機会損失の低減ができる。以上の通り本発明を総合すると、本発明によって燃焼に伴う $\text{NO}_x$ の生成を抑制し、構造が単純で安価なラジアントチューブバーナを提供することを可能とした。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したラジアントチューブバーナの実施の形態を示す概略構成図である。

【図2】本発明を適用したラジアントチューブバーナの断面図である。

【図3】図2のラジアントチューブバーナの燃料供給通路を示す系統図である。

【図4】図2の矢印V方向からみたラジアントチューブバーナの断面図である。

【図5】図2のラジアントチューブバーナの燃焼状態と供給される空気量の関係を示す説明図である。

【図6】図1のバーナシステムの交番燃焼の様子を示し、各ラジアントチューブバーナの作動関係を示す説明図である。

【図7】図2のラジアントチューブバーナの主燃焼状態を示す概念図である。

【図8】単位断面熱負荷空気流速と $11\% \text{O}_2$ 換算 $\text{NO}_x$ 濃度の関係を示すグラフである。

【図9】単位総断面熱負荷空気流速と $11\% \text{O}_2$ 換算濃度の関係を示すグラフである。

【図10】燃焼用空気流速と $11\% \text{O}_2$ 換算 $\text{NO}_x$ 濃度の関係を示すグラフである。

【図11】従来技術を用いたラジアントチューブバーナでの単段燃焼および2段燃焼による予熱空気温度と $11\% \text{O}_2$ 換算 $\text{NO}_x$ 濃度の関係を示すグラフである。

【図12】従来技術を用いたラジアントチューブバーナでの排ガス循環率と $11\% \text{O}_2$ 換算 $\text{NO}_x$ 濃度の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

1 ラジアントチューブバーナ

3 ラジアントチューブ

5 バーナ

7 炉壁

11 バーナガン

13 燃焼用空気通路

15 バッフル

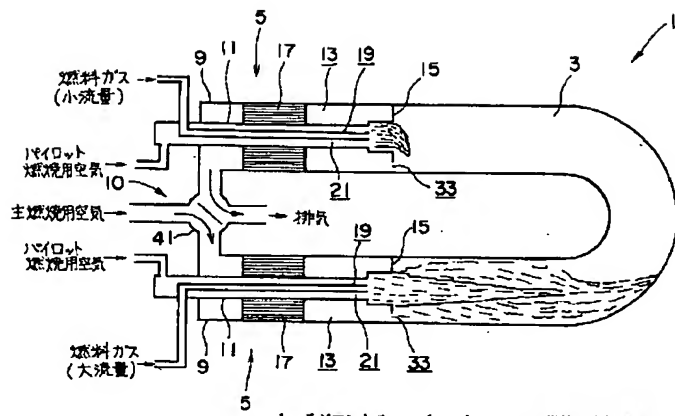
19 燃料通路

21 パイロット燃焼用空気通路

33 燃焼用空気噴射口

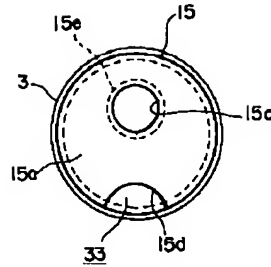


【図1】

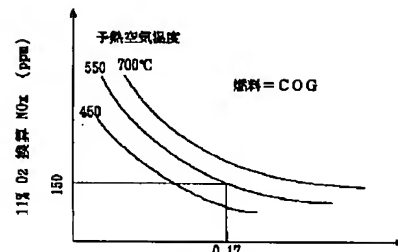


- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1: ラジエントチューブバーナ | 13: 燃焼用空気通路      |
| 3: ラジエントチューブ    | 15: バッフル         |
| 5: バーナ          | 19: 燃料通路         |
| 7: 炉壁           | 21: パイロット燃焼用空気通路 |
| 11: バーナガン       | 33: 燃焼用空気噴射口     |

【図4】

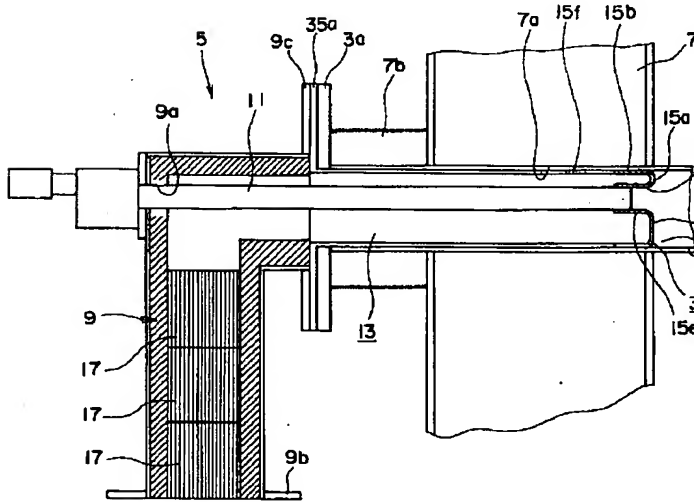


【図8】

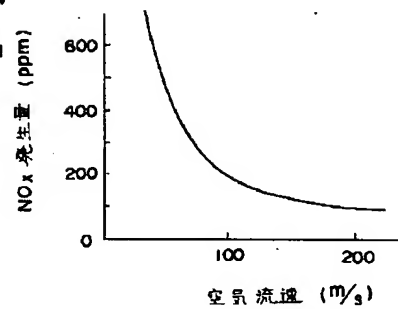


単位断面熱負荷空気流速  
 $\{(m/s)/(Kcal/cm^2hr)\}$

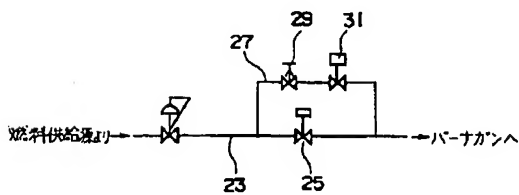
【図2】



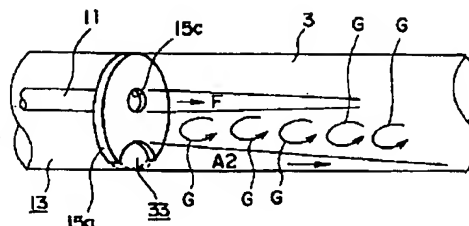
【図10】



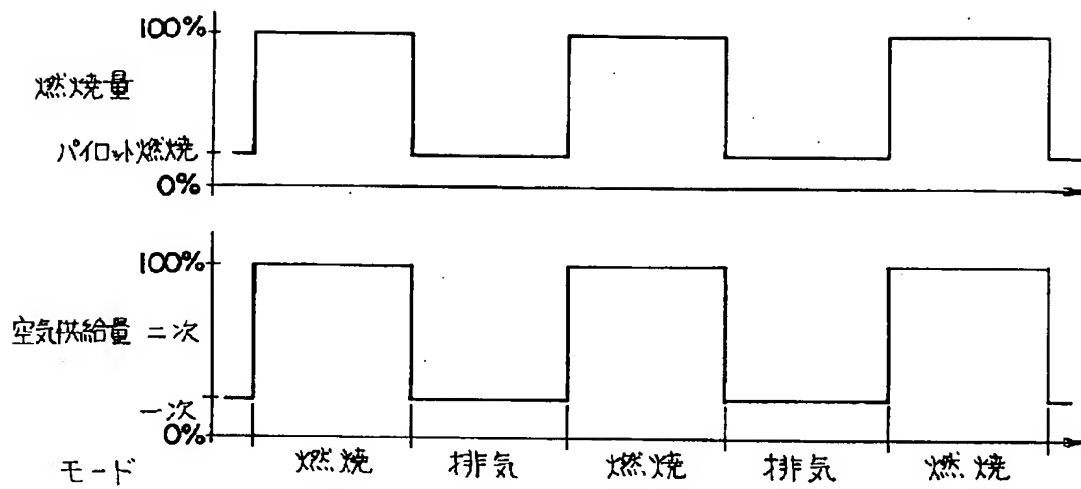
【図3】



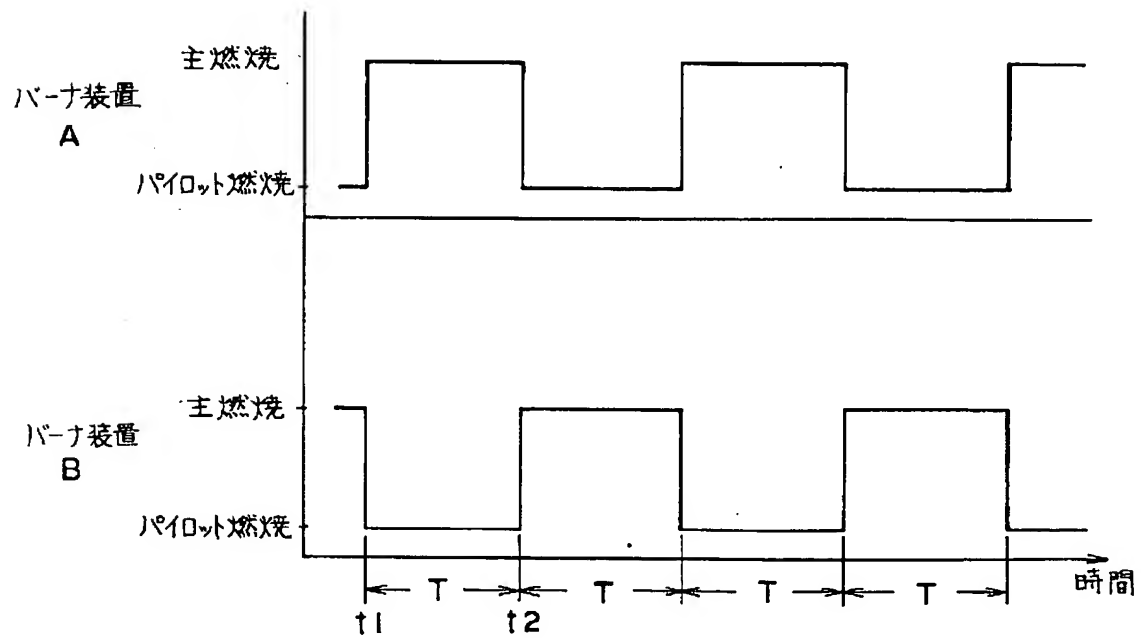
【図7】



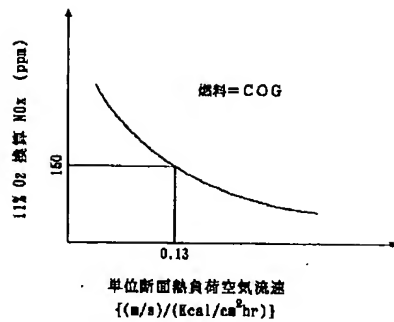
【図5】



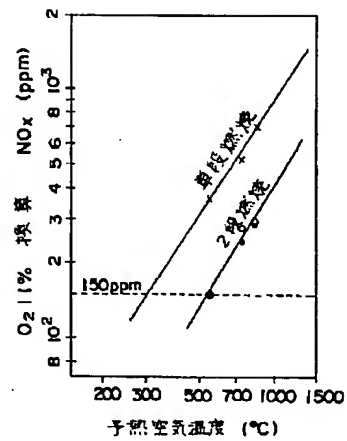
【図6】



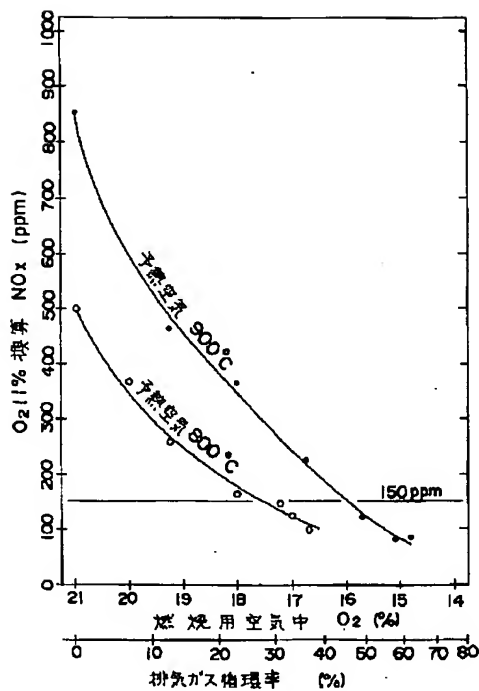
【図9】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 栗岡 茂雄  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 菅 政治  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内

(72)発明者 長谷川 敏明  
神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号  
日本ファース工業株式会社内

(72)発明者 持田 晋  
神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号  
日本ファース工業株式会社内

(72)発明者 田中 良一  
神奈川県横浜市鶴見区尻手 2 丁目 1 番 53 号  
日本ファーンエス工業株式会社内

**DERWENT-** 1998-275280

**ACC-NO:**

**DERWENT-** 199825

**WEEK:**

*COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD*

**TITLE:** Radiation tube burner for e.g. industrial heating furnace, heat treatment furnace - sets unit cross=section heat load air flow velocity in sectional area of radiation tube greater than arbitrary value depending on combustion air discharge and combustion amount

**PATENT-ASSIGNEE:** NIPPON FURNACE KOGYO KK[NIFUN] , NKK CORP[NIKN]

**PRIORITY-DATA:** 1996JP-0240126 (September 11, 1996)

**PATENT-FAMILY:**

<b>PUB-NO</b>	<b>PUB-DATE</b>	<b>LANGUAGE</b>	<b>PAGES</b>	<b>MAIN-IPC</b>
JP 10089614 A	April 10, 1998	N/A	012	F23C 003/00

**APPLICATION-DATA:**

<b>PUB-NO</b>	<b>APPL-DESCRIPTOR</b>	<b>APPL-NO</b>	<b>APPL-DATE</b>
JP 10089614A	N/A	1996JP-0240126	September 11, 1996

**INT-CL (IPC):** F23C003/00, F23D014/12 , F23D014/66 , F23L015/02

**ABSTRACTED-PUB-NO:** JP 10089614A

**BASIC-ABSTRACT:**

The burner (1) has a U-shaped radiation tube (3) arranged with air nozzles (33). The unit cross-section heat load air flow velocity for the section area of the tube depends on the discharge flow rate of the combustion air from each nozzle and the amount of combustion of the burner. The heat load air flow velocity is set above an arbitrary numerical value e.g. 0.17 meters per second per kilocalorie per square centimetre-hour.

**ADVANTAGE** - Controls formation of nitrogen oxide. Provides simple and inexpensive structure. Increases thermal efficiency of radiation tube heating system. Uses ceramics to improve heat resistance. Eliminates use of pilot burner. Facilitates combustion even if

temperature of preheated air is more than spontaneous ignition temperature of fuel. Enables effective exhaust gas recirculation. Reduces oxygen concentration due to separate arrangement of air and fuel nozzles. Two or more burners can be arranged in tube to ensure uniform temperature and combustion flame distribution. Eliminates cracking of tube, hence extending durability and reducing loss.

**CHOSEN-      Dwg.1/12**  
**DRAWING:**

**TITLE-**      RADIATE TUBE BURNER INDUSTRIAL HEAT FURNACE HEAT TREAT  
**TERMS:**      FURNACE SET UNIT CROSS=SECTION HEAT LOAD AIR FLOW VELOCITY  
                 SECTION AREA RADIATE TUBE GREATER ARBITRARY VALUE DEPEND  
                 COMBUST AIR DISCHARGE COMBUST AMOUNT

**DERWENT-CLASS: Q73**

**SECONDARY-ACC-NO:**

**Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1998-216209**